

10/525450  
Rec'd PCT/PTO 24 FEB 2005

**VERTRAG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM  
GEBIET DES PATENTWESENS**

**PCT**

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT PCT**  
(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 11 NOV 2004

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P800763WO/1	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/PEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 03/02844	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 26.08.2003	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 31.08.2002
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H01M8/04		
Anmelder DAIMLERCHRYSLER AG et al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.



2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

- ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 15 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Bescheids
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Regel 66.2 a)ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  23.03.2004	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  10.11.2004
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Masson, J-P Tel. +49 89 2399-8728 

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17):*

**Beschreibung, Seiten**

1-11 eingegangen am 19.08.2004 mit Schreiben vom 18.08.2004

**Ansprüche, Nr.**

1-16 eingegangen am 19.08.2004 mit Schreiben vom 18.08.2004

**Zeichnungen, Blätter**

1/1 in der ursprünglich eingereichten Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um:

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☒ Ansprüche, Nr.: 7, 8
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 03/02844

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen.)*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung
- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche 1-16  |
|                                | Nein: Ansprüche     |
| Erfinderische Tätigkeit (IS)   | Ja: Ansprüche 1-16  |
|                                | Nein: Ansprüche     |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1-16 |
|                                | Nein: Ansprüche:    |

2. Unterlagen und Erklärungen:

**siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V**

Die folgenden im internationalen Recherchenbericht angegebenen Dokumente wurden für die Prüfung der vorliegenden Anmeldung als relevant betrachtet. Ihre Numerierung wird während des ganzen Verfahrens beibehalten :

- D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 01, 30. Januar 1998 (1998-01-30) & JP 09 231991 A (TOYOTA MOTOR CORP.), 5. September 1997 (1997-09-05)
- D2: WO 03/054993 A (ABB RESEARCH LTD.) 3. Juli 2003 (2003-07-03)
- D3: EP-A-0 136 187 (ENGELHARD CORP.) 3. April 1985 (1985-04-03)
- D4: EP-A-1 225 082 (NISSAN MOTOR CO. LTD.) 24. Juli 2002 (2002-07-24)
- D5: WO 99/46140 A (DAIMLERCHRYSLER) 16. September 1999 (1999-09-16)
- D6: WO 02/20300 A (NISSAN MOTOR CO. LTD.) 14. März 2002 (2002-03-14)

**I. Neuheit**

- I.1 Da das Dokument D2 nach dem Prioritätsdatum (31.08.02) der vorliegenden Anmeldung veröffentlicht wurde (03.07.03), wird dieses Dokument nicht als Stand der Technik unter Regel 64.1 PCT betrachtet.

Außerdem wurde die Gültigkeit des entsprechenden Prioritätsrechts untersucht. Die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde beschloß, dass das besagte Recht gültig ist und infolgedessen der Inhalt von D2 auch nicht als Stand der Technik in einem eventuellen Europäischen Verfahren betrachtet würde (siehe Art. 54(2) EPÜ).

- I.2 Das Dokument D1 offenbart ein Brennstoffzellensystem umfassend eine Brennstoffzelle mit einer in Parallelschaltung verbundenen, sekundären Batterie, einen Schalter zwischen diesen beiden Komponenten, einen Motor als elektrischen Verbraucher, einen Temperatursensor und eine Steuerschaltung.

Das Dokument D3 beschreibt ein hybrides Leistungssystem, welches einen Brennstoffzellenstapel als primäre Energiequelle und eine oder mehrere Batterien als Energiespeicher aufweist, wobei die Batterien in Parallelschaltung zu den Brennstoffzellen durch einen oder mehrere Schalter für einen gemeinsamen elektrischen Verbraucher, unter Kontrolle eines Mikroprozessors, verbunden sind (s. Seite 4, Zeilen 22-27; Seite 6, Zeile 29 - Seite 7, Zeile 3, Fig. 1). Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der beschriebenen Vorrichtung kann dieses System

auch einen Sensor umfassen (s. Seite 5, Zeilen 7-10).

Das Dokument D4 offenbart eine Regelvorrichtung für ein von Brennstoffzellen angetriebenes Fahrzeug, wobei das Leistungssystem eine Brennstoffzellenkraftanlage mit einer in Parallelschaltung verbundenen, sekundären Batterie, einen Temperatursensor und eine programmierbare Steuereinrichtung umfasst (s. Spalte 1, Absatz [0008]; Spalte 3, Absatz [0028]; Spalte 5, Absätze [0047], [0048] & [0050] Anspruch 1 und Fig. 1). Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der beschriebenen Vorrichtung kann dieses System auch einen Schalter zwischen den beiden Leistungsquellen aufweisen, wobei die Schaltung von der Steuereinrichtung betätigt wird (s. Spalte 7, Absatz [0065]; Anspruch 9 und Fig. 8).

Von all diesen hybriden Leitungssystemen unterscheidet sich der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung dadurch, dass das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem eine Impulsgeneratorschaltung zum Ansteuern eines Schalters mit Impulsen umfasst, deren Tastverhältnis in Abhängigkeit von wenigstens einem Betriebsparameter variabel ist. **Somit kann die Neuheit des Gegenstandes der neuen Ansprüche 1-16 gegenüber D1, D3 und D4 anerkannt werden.**

- I.3 Das Dokument D5 offenbart einen Hybridantrieb für ein Elektro-Fahrzeug, welcher eine Brennstoffzelle, einen Energiespeicher, einen Elektro-Fahrmotor und elektrische Nebenverbraucher umfasst, wobei alle elektrische Komponente in verschiedenen mit Schaltvorrichtungen versehenen Stromkreisen mit einander verbunden sind (s. Seite 1, Zeilen 3-5; Seite 3, Zeilen 13-34; Anspruch 1 und Fig. 1). Von diesem Leistungssystem unterscheidet sich der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung dadurch, dass das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem wenigstens einen Sensor aufweist. **Daher kann der Gegenstand der neuen Ansprüche 1-16 als neu gegenüber dem Inhalt von D5 erachtet werden.**
- I.4 Das Dokument D6 offenbart ein von Brennstoffzellen angetriebenes Fahrzeug, wobei das verwendete Leistungssystem eine Brennstoffzelle, einen Elektro-Fahrmotor, eine Speicherbatterie, verschiedene Sensoren und einen Mikroprozessor zur Steuerung der Brennstoffzellenleistung aufweist (s. Seite 3, Zeile 24 - Seite 4, Zeile 9; Seite 5, Zeilen 11-15, Anspruch 1 und Fig. 2 & 5). Von diesem Leistungssystem unterscheidet sich der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung dadurch, dass das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem einen Schalter und eine Steuerschaltung zum Öffnen und Schließen desselben aufweist. **Somit kann die Neuheit des Gegenstandes der neuen Ansprüche 1-16 gegenüber D6 anerkannt werden.**

- I.5 Zusammenfassend ist festzustellen, dass die neuen Ansprüche 1-16 den Anforderungen des Art. 33(2) PCT entsprechen.

## **II. Erfinderische Tätigkeit**

Das Dokument D3, das als nächstliegender Stand der Technik angesehen wird, offenbart ein hybrides Leistungssystem, welches einen Brennstoffzellenstapel als primäre Energiequelle und eine oder mehrere Batterien als Energiespeicher aufweist. Dabei sind die Batterien in Parallelschaltung zu den Brennstoffzellen durch einen oder mehrere Schalter für einen gemeinsamen elektrischen Verbraucher, unter Kontrolle eines Mikroprozessors, verbunden.

Die von der Anmeldung zu lösende Aufgabe kann darin angesehen werden, ein Brennstoffzellensystem bereitzustellen, das bei effektiver Nutzung des zugeführten Brennstoffs auch dann schnelle Änderungen der elektrischen Ausgangsleistung des Systems erlaubt, wenn der zugeführte Brennstoffstrom nur langsam veränderlich ist.

Die in der Anmeldung für die obengenannte Aufgabe vorgeschlagene Lösung besteht darin, ein Brennstoffzellensystem umfassend wenigstens eine Brennstoffzelle und einen durch einen Schalter dazu verbundenen elektrischen Zwischenspeicher, sowie einen Sensor zum Erfassen eines Betriebsparameters der wenigstens einen Brennstoffzelle und eine Steuerschaltung zum Öffnen und Schließen des Schalters in Abhängigkeit von dem erfassten Betriebsparameter. Gegenüber den im Stand der Technik beschriebenen Systemen weist das erfindungsgemäße Leistungssystem einen Impulsgenerator sowie eine pulsweite modulierte Betätigung des Schalters zusätzlich auf.

Da kein Dokument aus dem Stand der Technik diese Lösung nahelegt, **beruht der Gegenstand der neuen Ansprüche 1-16 auf einer erfinderischen Tätigkeit** und diese Ansprüche entsprechen somit den Anforderungen des Art. 33(3) PCT.

## **III. Formale Mängel**

- III.1 Die neuen Ansprüche 1, 9, 11 und 13-16 scheinen, von der Beschreibung nicht klar oder genügend gestützt zu sein. Vorzugsweise sollte die Beschreibung mit den Ansprüchen in Einklang gebracht werden (Art. 6 PCT).

DaimlerChrysler AG

### Leistungsgeregelte Brennstoffzelle

- 5 Eine Brennstoffzelle ist eine Vorrichtung zur direkten Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie, der - anders als einer Batterie - Energieträger in Form von Brennstoff und Oxidationsmittel kontinuierlich zugeführt werden muss. Der Brennstoff herkömmlicher Niedertemperatur-Brennstoffzellen ist Wasserstoff, es sind aber auch Hochtemperatur-Brennstoffzellen bekannt, die bei einer Arbeitstemperatur von ca. 1000°C Kohlenmonoxid, Methan oder Erdgas umsetzen.

10 Stationär eingesetzte Brennstoffzellen können in Verbindung mit Druckspeichern für Brennstoff und Oxidationsmittel eingesetzt werden, die je nach gewünschter elektrischer Ausgangsleistung der Brennstoffzelle sehr schnell veränderbare Gasströme liefern können.

- 20 Für den mobilen Einsatz von Brennstoffzellen, etwa als Energiequelle für Elektrofahrzeuge, kommt die Verwendung von Druckspeichern nicht in Betracht, einerseits aufgrund ihrer hohen, mit den Fahrzeugen zu bewegend Masse, andererseits aufgrund des Gefahrenpotentials, das ein mit Brennstoff, insbesondere mit Wasserstoff gefüllter Druckspeicher bei einem Unfall des Fahrzeugs birgt.

30 Für den mobilen Einsatz von Brennstoffzellen sind daher Systeme bevorzugt, die einen sogenannten Reformer einsetzen, der einen nicht direkt von der Brennstoffzelle verwertbaren, dafür aber gut zu transportierenden Energieträger, z.B. Benzin,

in einen verwertbaren Energieträger, in der Praxis ein im wesentlichen aus  $H_2$ ,  $CO_2$  und Wasserdampf bestehendes Gasgemisch, umgesetzt. Ein Nachteil der Reformer gegenüber den Druckspeichern ist, dass der von ihnen gelieferte Brennstoffstrom nur langsam veränderbar ist, typischerweise mit einer Zeitkonstanten in der Größenordnung von 100 s, wohingegen der Volumenstrom aus einem Druckspeicher mit einer Zeitkonstanten von nicht mehr als 0,01 s regelbar ist.

10 Da die Brennstoffzelle in Betrieb stets eine gewisse Menge an Brennstoff enthält, ist es kurzzeitig möglich, mehr elektrische Leistung herauszuziehen, als der zugeführten Brennstoffmenge entspricht, doch führt dies zu unerwünschten Verschiebungen der chemischen Verhältnisse in der Brennstoffzelle.

15 Dies lässt sich bei herkömmlichen Brennstoffzellensystemen nur dadurch vermeiden, dass der vom Reformer zur Verfügung gestellte Brennstoffstrom größer eingestellt wird, als dem normalerweise von der Brennstoffzelle abgenommenen Strom entspricht, so dass für einen plötzlichen Mehrbedarf an elektrischer Leistung eine Brennstoffreserve zur Verfügung steht. Da

20 diese in mobilen Systemen jedoch nicht zum späteren Verbrauch gespeichert werden kann, wird dieser im Überschuss erzeugte Brennstoff zumeist nicht effizient genutzt, was unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten unerwünscht ist.

25 In der gattungsgemäßen EP 0 136 187 A2 ist ein Hybrides Leistungssystem beschrieben, welches einen Brennstoffzellenstapel als primäre Energiequelle und eine oder mehrere Batterien als Energiespeicher aufweist. Dabei sind die Batterien in Parallelschaltung zu den Brennstoffzellen durch einen oder mehrere Schalter elektrisch verbunden. Diese Schalter können durch einen Mikroprozessor kontrolliert betätigt werden.

30

Technisch ähnliche Aufbauten beschreiben die JP 09 231991 A und die EP 1 225 082 A, bei welchen eine Schalter zwischen

35 der Brennstoffzelle und einer Batterie bzw. einem Verbraucher



in Abhängigkeit der von einem Temperatursensor aufgenommenen Werte betätigt wird.

- Die WO 99/46140 A beschreibt einen Hybridantrieb für ein Fahrzeug, bei welchem eine Motor als Verbraucher mit einer Brennstoffzellen, einem Energiespeicher sowie Nebenverbrauchern gekoppelt ist. Dabei wird jedoch auf Sensorik im Sinne des oben dargelegten Standes der Technik gänzlich verzichtet.
- 10 Ferner ist in der WO 02/20300 A ein von Brennstoffzellen angetriebenes Fahrzeug offenbart, bei welchem ein Mikroprozessor das Zusammenspiel zwischen einem Motor als Verbraucher, einer Brennstoffzellen und einem Energiespeicher steuert. Dabei wird jedoch auf Schalter im Sinne des oben dargelegten
- 15 Standes der Technik gänzlich verzichtet.

- Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Brennstoffzellensystem anzugeben, das bei effektiver Nutzung des zugeführten Brennstoffs auch dann schnelle Änderungen der elektrischen
- 20 Ausgangsleistung des Systems erlaubt, wenn der zugeführte Brennstoffstrom nur langsam veränderlich ist.

- Die Aufgabe wird gelöst durch ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

- 25 Ein solches System erlaubt den Betrieb einer Brennstoffzelle mit einer elektrischen Ausgangsleistung unterhalb einer Nennleistung der Zelle für kontinuierlichen Betrieb, indem zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit geringer Leistung die Brennstoffzelle intermittierend betrieben wird, wobei in einer Betriebsphase, in der der Schalter geschlossen ist, die Brennstoffzelle sowohl den Verbraucher versorgt als auch den Zwischenspeicher auflädt, während in einer Betriebsphase, in der der Schalter geschlossen ist, der Zwischenspeicher die Versorgung des elektrischen Verbrauchers übernimmt.
- 30
- 35

Dabei ist in die Steuerschaltung eine Impulsgeneratorschaltung einbezogen, die den Schalter mit Impulsen ansteuert, deren Tastverhältnis in Abhängigkeit von dem wenigstens einen Betriebsparameter variabel ist. Dies ermöglicht wesentlich kürzere Zykluszeiten bzw. den Betrieb des Schalters mit Frequenzen von bis zu 50 kHz. Die benötigte Kapazität des Zwischenspeichers ist bei dieser Lösung wesentlich kleiner, und Spannungsschwankungen am Verbraucher, die aus dem intermittierenden Betrieb der Brennstoffzelle resultieren, können wesentlich kleiner gehalten werden.

Da der Schalter in der Lage sein muss, unter Last zu schalten, ist ein Halbleiterschalter, insbesondere ein MOSFET, bevorzugt.

Die von einem solchen Schalter erzeugte Abwärme kann zum Erwärmen der Brennstoffzelle sinnvoll genutzt werden, wenn diese mit dem Schalter thermisch gekoppelt ist. Insbesondere bei einem Brennstoffzellensystem mit einem Stapel von Brennstoffzellen ist der Schalter bevorzugt an einem Ende des Stapels angeordnet, um so Zellen an dem Ende des Stapels warm zu halten, deren Temperatur sonst im Vergleich zu mittleren Zellen unerwünscht abfallen würde. Da die am Schalter im Betrieb anfallende Verlustleistung größer ist als die Heizleistung, die zum Halten des Stapels auf einer gewünschten Betriebstemperatur erforderlich ist, kann eine eigene Heizeinrichtung für den Brennstoffzellenstapel entfallen.

Die Steuerschaltung kann das Öffnen und Schließen des Schalters jeweils anhand erfasster Werte eines einzigen Betriebsparameters steuern, oder sie kann einen Betriebsparameter zum Steuern des Öffnens und einen zweiten, gegebenenfalls von einem anderen Sensor erfassten Betriebsparameter, zum Steuern des Schließens heranziehen.

Als zu überwachende Betriebsparameter kommen insbesondere die Klemmenspannung der Brennstoffzelle oder, im Falle eines Sta-

pels von in Reihe geschalteten Brennstoffzellen, die Klemmen-  
spannung oder insbesondere die minimale Zellenspannung aller  
Zellen des Stapels des Gesamtstapels, der Innenwiderstand ei-  
ner einzelnen Brennstoffzelle oder eines Stapels von Brenn-  
5 stoffzellen oder der Wasserstoffpartialdruck der Zellen in  
Betracht. Dabei können zwei verschiedene Grenzwerte des glei-  
chen Parameters jeweils als Grenzwerte für das Öffnen bzw.  
das Schließen des Schalters herangezogen werden, oder es kön-  
nen zwei Grenzwerte unterschiedlicher Parameter genutzt wer-  
10 den. Insbesondere wenn als Kriterium für das Öffnen des  
Schalters eine Zellenspannung eingesetzt wird, kann diese so  
niedrig gewählt werden, dass sie eine CO-Oxidation in der  
Zelle/den Zellen ermöglicht. Insbesondere wenn Brennstoffzel-  
len mit Reformergas betrieben werden, das einen Anteil CO  
15 enthalten kann, sammelt sich dieses, da es unter normalen Be-  
triebsbedingungen nicht umgesetzt wird, in den Zellen an und  
führt zu einer „Vergiftung“, die sich in einer Zunahme des  
Innenwiderstands der Zellen und einer Abnahme ihrer Klemmen-  
spannung äußert, wobei das Ausmaß der Vergiftung für die ein-  
20 zeln Zellen eines Stapels unterschiedlich sein kann.

Die Steuerschaltung kann auch genutzt werden, um korreliert  
mit der Steuerung des Schalters die Brennstoffzufuhr zu der  
Brennstoffzelle oder zu einem die Zelle versorgenden Reformer  
25 zu steuern.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus  
der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit  
Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

30

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen mobilen  
Brennstoffzellensystems;

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf von Klemmenspannungen von  
Brennstoffzellen des erfindungsgemäßen Systems; und

Fig. 3 ein Blockdiagramm eines Brennstoffzellensystem gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung.

Das Brennstoffzellensystem der Fig. 1 umfasst einen Tank 1 für einen flüssigen Brennstoff wie etwa Benzin, Methanol oder dergleichen, der über ein Regelventil 2 mit einem Reformer 3 verbunden ist. Der Reformer 3 dient zum Umsetzen des Brennstoffs in ein Gasgemisch, das unter anderem molekularen Wasserstoff enthält. Dieses Gasgemisch wird einem an den Reformer 3 angeschlossenen Brennstoffzellenstapel 4 aus einer Mehrzahl von elektrisch in Reihe geschalteten Brennstoffzellen zugeführt. Der Brennstoffzellenstapel 4 hat elektrische Ausgangsanschlussklemmen 5, zwischen denen eine aus der Umsetzung des Wasserstoffs mit Sauerstoff zu Wasser in den Zellen resultierende Spannung anliegt. An die Ausgangsanschlussklemmen 5 sind in Reihe ein Halbleiterschalter, insbesondere ein MOSFET 6 und ein elektrischer Zwischenspeicher 7, hier eine Sekundärbatterie, in Reihe angeschlossen, so dass bei geschlossenem Schalter 6 der Zwischenspeicher 7 mit Strom vom Brennstoffzellenstapel 4 geladen werden kann. Die Pole des Zwischenspeichers 7 bilden gleichzeitig die Lastanschlussklemmen 8 des Brennstoffzellensystems, an die in der Fig. ein elektrischer Verbraucher 9 angeschlossen gezeigt ist. Bei geschlossenem Schalter 6 zieht dieser Verbraucher 9 ebenfalls Strom von dem Brennstoffzellenstapel 4, bei offenem Schalter 6 wird er von dem Zwischenspeicher 7 versorgt.

Ein Sensor 10 zum Erfassen eines Betriebsparameters des Brennstoffzellenstapels ist mit einer Steuerschaltung 11 verbunden. Bei dem Sensor 10 kann es sich um eine Messschaltung zum Erfassen einer Ausgangsspannung oder eines Innenwiderstandes des Brennstoffzellenstapels 4 handeln; es können auch mehrere derartige Messschaltungen vorgesehen sein, um Ausgangsspannung und Innenwiderstand jeweils getrennt für die einzelnen Zellen des Stapels 4 zu erfassen. In Betracht kommen auch chemische Sensoren, insbesondere zum Erfassen eines Wasserstoff-Partialdrucks in den Zellen des Stapels. Die Ü-

berwachung eines oder mehrerer dieser Parameter - es können auch mehrere Sensoren in Kombination vorgesehen sein - ermöglicht der Steuerschaltung 11 eine Beurteilung des Leistungsvermögens des Brennstoffzellenstapels 4, genauer gesagt des Verhältnisses zwischen Brennstoffzufuhr und durch den Verbraucher 9 abgegriffener elektrischer Leistung.

Zunächst soll exemplarisch der Fall betrachtet werden, dass Sensoren 10 jeweils zum Messen von Klemmenspannungen einzelner Zellen des Stapels 4 vorgesehen sind. Wenn der Schalter 6 geschlossen ist und die Brennstoffzellen unbelastet sind, wie im Zeitintervall  $t_0$  bis  $t_1$  der Fig. 2, ist die gelieferte Ausgangsleistung Null, und die gemessenen Spannungen haben einen konstanten, hohen Wert, der von Zelle zu Zelle geringfügig unterschiedlich sein kann. Die in Fig. 2 mit  $U_{\max}$  bzw.  $U_{\min}$  bezeichneten Kurven zeigen jeweils die höchste bzw. die niedrigste hohe Spannung aller Zellen des Stapels 4. Wenn zum Zeitpunkt  $t_1$  der Schalter 6 geschlossen wird, fallen die Kurven  $U_{\max}$ ,  $U_{\min}$  zunächst auf einen Belastungswert ab. Die zu diesem Zeitpunkt von dem Stapel 4 gelieferte elektrische Ausgangsleistung ist höher, als der Zufuhr von Primärleistung über das Regelventil 2 entspricht. Die elektrochemischen Bedingungen in den Zellen sind daher nicht stationär, und die Ausgangsspannungen nehmen allmählich ab. Wenn die Steuerschaltung 11 zum Zeitpunkt  $t_2$  erfasst, dass die Ausgangsspannung  $U_{\min}$  einen unteren Grenzwert  $U_{\text{low}}$  erreicht, öffnet sie den Schalter 6, so dass kein Strom mehr fließt und die Spannungen  $U_{\max}$ ,  $U_{\min}$  zunächst abrupt ansteigen. Es schließt sich eine Phase des allmählichen Anstiegs an, in der sich die Tatsache widerspiegelt, dass keine elektrische Leistung aus dem Stapel 4 gezogen wird, dass aber gleichzeitig Brennstoff nachfließt, der den zuvor bei geöffnetem Schalter in Übermaß verbrauchten ersetzt. Sobald die Spannung  $U_{\min}$  einen oberen Grenzwert  $U_{\text{high}}$  erreicht (Zeitpunkt  $t_3$ ) öffnet die Steuerschaltung 11 den Schalter 6 erneut, und der Zyklus wiederholt sich. Im Gegensatz zur Spannung  $U_{\min}$  oszilliert die Spannung

an den Lastanschlussklemmen 8 nur in engen Grenzen, da sie von dem Zwischenspeicher 7 gepuffert wird.

Im Prinzip ist es mit dem in Fig. 1 gezeigten Aufbau möglich, durch einfaches Einstellen einer Gasdurchflussrate am Regelventil 2 die elektrische Ausgangsleistung des Stapels 4 zu regeln. Wie man leicht sieht, sind bei als konstant angenommenem Widerstand des Verbrauchers 9 die Phasen, in denen der Schalter 6 geschlossen ist, um so kürzer und die Phasen mit offenem Schalter um so länger, je geringer die Brennstoffzufuhr rate ist. Während der Schalter geschlossen ist, ist die abgegriffene elektrische Leistung größer als die in Form von Brennstoff zugeführte Leistung; die Zelle ist also überlastet, und ihre Ausgangsspannung sinkt ab. Während der Schalter offen ist, wird der Verbraucher 9 aus dem Zwischenspeicher 7 versorgt, und die Zelle erholt sich. Durch das Zusammenspiel des Schalters 6 und des Zwischenspeichers 7 sind Änderungen der elektrischen Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels 4 mit einer höheren Geschwindigkeit realisierbar als derjenigen, mit dem der vom Reformier 3 gelieferte Brennstoffstrom einer veränderten Leistungsaufnahme durch den Verbraucher 9 nachgeführt werden kann.

Technisch nützlicher noch als die Möglichkeit, die elektrische Leistung des Brennstoffzellensystems durch die Brennstoffzufuhr zu regeln, ist die Möglichkeit, umgekehrt die Steuerschaltung 11 die Brennstoffzufuhr rate am Regelventil 2 anhand der von dem Verbraucher 9 benötigten Leistung regeln zu lassen. Kurzfristige Schwankungen des Leistungsbedarfs des Verbrauchers 9, wie sie insbesondere bei mobilen Anwendungen auftreten können, können zunächst vom Zwischenspeicher 7 aufgefangen werden. Wenn ein erhöhter Leistungsbedarf länger anhält, als der Speicherkapazität des Zwischenspeichers 7 entspricht, muss die Brennstoffzufuhr nachgeregelt werden. Die Steuerschaltung 11 ist in der Lage, anhand der Schaltzeiten  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ , ... den Leistungsbedarf abzuschätzen. Je größer dieser ist, um so kürzer ist die Zeitspanne  $[t_1, t_2]$  vom

Schließen des Schalters bis zum Erreichen des unteren Grenzwerts  $U_{low}$  durch die Spannung  $U_{min}$ . Die Dauer der anschließenden Erholungsphase  $[t_2, t_3]$  hängt hingegen im wesentlichen von der Brennstoffzufuhr rate ab. Die Steuerschaltung 11 hält  
5 daher das Verhältnis dieser zwei Zeitspannen zueinander konstant, indem sie, wenn sie eine Verkürzung des Zeitintervalls  $[t_1, t_2]$  feststellt, das Regelventil 2 ansteuert, um dessen Durchsatz heraufzusetzen und umgekehrt dessen Durchsatz reduziert, wenn die Zeitspanne  $[t_1, t_2]$  zu lang wird.

10

Wie bereits oben erwähnt, kann ein im vom Reformer gelieferten Gasgemisch enthaltener CO-Anteil zu einer Vergiftung der Zellen des Stapels 4 führen, mit der Folge, dass deren Innenwiderstand zu- und ihr Leistungsvermögen abnimmt. Solches in  
15 einer Brennstoffzelle akkumuliertes Kohlenmonoxid kann abgebaut werden, indem durch eine vorübergehende hohe elektrische Belastung ihre Ausgangsspannung unter einen Grenzwert gedrückt wird, ab dem die Verbrennung des CO in der Zelle einsetzt. Der untere Spannungsgrenzwert  $U_{low}$  kann unterhalb dieses Grenzwert gewählt werden, so dass in einer Belastungsphase  
20 jeweils kurz vor Schließen des Schalters 6 in der Zelle, die die Spannung  $U_{min}$  liefert und die im allgemeinen die am stärksten mit CO vergiftete Zelle sein wird, ein CO-Abbau stattfindet. Wenn diese Abbauphase lang genug ist, um das  
25 Kohlenmonoxid der Zelle im wesentlichen vollständig abzubauen, ist im anschließenden Zyklus deren Leistungsfähigkeit wieder hergestellt, so dass anschließend eine andere Zelle des Stapels die kleinste Ausgangsspannung  $U_{min}$  liefert. Wenn die Dauer der Abbauphase für einen vollständigen CO-Abbau  
30 nicht ausreicht, so verhindert sie dennoch eine weitere Abnahme der Leistungsfähigkeit der Zelle und erlaubt einen Weiterbetrieb des Stapels 4, bis sich in allen seinen Zellen eine solche Menge an CO angesammelt hat, dass eine Regenerierung des gesamten Stapels erforderlich ist.

35

Für den Fall, dass die CO-Vergiftung nur eine untergeordnete Rolle spielt, ist der Betrieb unterhalb von kleinen, den CO-

Abbau ermöglichenden Zellspannungen nicht bzw. nur von Zeit zu Zeit nötig. In diesem Fall kann es wünschenswert sein, die Schaltfrequenz des Schalters 6 zu erhöhen, um Schwankungen der Spannung an den Lastanschlussklemmen 8 zu reduzieren bzw. 5 die im Zwischenspeicher 7 zu speichernde Energiemenge zu verringern und somit einen kleineren, leichteren und preiswerteren Zwischenspeicher verwenden zu können.

Ein Brennstoffzellensystem gemäß einer zweiten Ausgestaltung 10 der Erfindung, das diese Anforderungen erfüllt, ist in Fig. 3 gezeigt. Auch diese Ausgestaltung umfasst einen Brennstoffzellenstapel 4 und einen Schalter 6, die in Reihe zwischen zwei Lastanschlussklemmen 8 geschaltet sind, sowie einen parallel zum Brennstoffzellenstapel 4 und dem Schalter 6 angeordneten Zwischenspeicher 7. Genau so wie mit Bezug auf Fig. 15 1 beschrieben, sind ein oder mehrere Sensoren 10 an dem Brennstoffzellenstapel 4 angeordnet. Ein Mikrocontroller 12 liefert in Abhängigkeit von einer in einem Steuerprogramm 13 verkörpert Betriebsstrategie Sollwerte für die von dem oder 20 den Sensoren 10 erfassten Betriebsparameter. Ein Subtraktionsglied 18 oder ein Operationsverstärker ermittelt eine Differenz zwischen Betriebsparameter-Mess- und Sollwerten und führt diese einem Regler 14 zu, der sie in ein Modulationssignal für einen PWM-Impulsgenerator 15 umformt. Dieser liefert ein Impulssignal mit einem von einem Taktgenerator 16 25 vorgegebenen Takt und einem von dem Modulationssignal vorgegebenen Tastverhältnis an einen Treiber 17, der den MOSFET-Schalter 6 je nach Pegel des vom Modulator 15 empfangenen Steuersignals offen bzw. geschlossen hält. Die Frequenz des 30 pulsbreitenmodulierten Signals kann zwischen 0,1 und 50 kHz betragen, wobei die Welligkeit der Spannung an den Lastanschlussklemmen 8 um so geringer und die erforderliche Speicherkapazität des Zwischenspeichers 7 um so kleiner ist, je höher diese Frequenz ist.

35

Da bei der Ausgestaltung der Fig. 3 die Abnahme der Zellspannung unter Last, wie in Fig. 2 gezeigt, nicht beobachtet wer-



den kann, muss die von einem an die Lastanschlussklemmen 8  
angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Leistung in der Re-  
gelstrategie 13 berücksichtigt werden. Dies kann z.B. mit  
Hilfe von (nicht dargestellten) an die Lastanschlussklemmen 8  
angeschlossenen Sensoren zum Erfassen der über sie fließenden  
elektrischen Leistung oder Stromstärke geschehen, oder indem  
dem Mikrocontroller 12 ein Steuersignal zugeführt wird, das  
in gleicher Weise auch dem Verbraucher zugeführt wird, um  
dessen Leistung zu steuern und folglich für die von ihm auf-  
genommene Leistung repräsentativ ist.

Auch bei dieser Ausgestaltung steuert der Mikrocontroller 12  
sinnvollerweise auch den Brennstoffdurchsatz durch ein Regel-  
ventil 2, das entweder den direkten Wasserstoffzustrom zum  
Brennstoffzellenstapel 4 oder den Zustrom von Brennstoff zu  
einem dem Stapel 4 vorgeschalteten Reformer kontrolliert.

Bei beiden Ausgestaltungen ist der Schalter 6 jeweils an ei-  
ner Stirnseite des Brennstoffzellenstapels 4 angeordnet, um  
mit seiner Abwärme die stirnseitigen Brennstoffzellen zusätz-  
lich zu beheizen, die anderenfalls bei Verwendung einer Hei-  
zung mit gleicher Leistung für alle Brennstoffzellen niedri-  
ger sein würde als die der in der Mitte des Stapels liegenden  
Zellen. Der Schalter 6 wird auf diese Weise auf einer Tempe-  
ratur im Bereich von 70 bis 95°C gehalten, die von Standard-  
Halbleitern gut vertragen wird. Da seine Abwärme für die Tem-  
perierung der Brennstoffzellen genutzt wird, belastet sie den  
Gesamtwirkungsgrad des erfindungsgemäßen Systems nur in dem  
Maße, in dem die Verlustleistung des Schalters 6 die zum Tem-  
perieren der Brennstoffzellen ohnehin benötigte Heizleistung  
übersteigt.

DaimlerChrysler AG

Neue Patentansprüche

- 5 1. Brennstoffzellensystem mit wenigstens einer Brennstoff-  
zelle und einem elektrischen Zwischenspeicher (7), der  
mit gemeinsamen Versorgungsanschlüssen (8) für einen e-  
lektrischen Verbraucher (9) verbunden ist, wobei es we-  
nigstens einen Sensor (10) zum Erfassen eines Betriebspa-  
10 rameters der wenigstens einen Brennstoffzelle (4), einen  
Schalter zum elektrischen Verbinden und/oder Trennen der  
Brennstoffzelle von dem Zwischenspeicher (7) und den Ver-  
sorgungsanschlüssen (8) sowie eine Steuerschaltung (11)  
zum Öffnen und Schließen des Schalters (6) in Abhängig-  
15 keit von dem erfassten Betriebsparameter aufweist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass es eine Impulsgeneratorschaltung (16) zum Ansteuern  
des Schalters (6) mit Impulsen umfasst, deren Tastver-  
hältnis in Abhängigkeit von dem wenigstens einen Be-  
20 tribsparameter variabel ist.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Schalter (6) ein Halbleiterschalter, insbesonde-  
25 re ein MOSFET ist.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Schalter (6) und die Brennstoffzelle (4) ther-  
30 misch gekoppelt sind.

4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass es einen Stapel von Brennstoffzellen (4) umfasst und  
dass der Schalter (6) an einem Ende des Stapels angeord-  
net ist.
- 5
5. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, den Schalter  
(6) anhand eines einzigen Betriebsparameters zu öffnen  
und zu schließen.
- 10
6. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, den Schalter  
(6) anhand eines ersten Betriebsparameters zu öffnen und  
anhand eines zweiten Betriebsparameters zu schließen.
- 15
- 20
7. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Frequenz der von der Impulsgeneratorschaltung  
(16) erzeugten Impulse zwischen 0,1 und 50 kHz beträgt.
- 25
8. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Sensor (10) ein Spannungssensor zum Erfassen der  
Klemmenspannung der wenigstens einen Brennstoffzelle (4)  
vorgesehen ist.
- 30
9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, bei Über-  
schreitung einer oberen Grenzspannung den Schalter (6) zu
- 35

schließen und/oder ihn bei Unterschreitung einer unteren Grenzspannung zu öffnen.

- 5 10. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass als Sensor ein Innenwiderstandssensor zum Erfassen des Innenwiderstandes der wenigstens einen Brennstoffzelle vorgesehen ist.
- 10 11. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, bei Überschreitung eines oberen Grenzwiderstandes den Schalter  
15 (6) zu schließen und/oder ihn bei Unterschreitung eines unteren Grenzwiderstandes zu öffnen.
12. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass als Sensor (10) ein Drucksensor zum Erfassen des Wasserstoffpartialdrucks der wenigstens einen Brennstoffzelle vorgesehen ist.
- 25 13. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 12,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Steuerschaltung (11) ausgelegt ist, bei Überschreitung eines oberen Grenzdrucks den Schalter (6) zu  
30 schließen zu öffnen und/oder ihn bei Unterschreitung eines unteren Grenzdrucks zu öffnen.
14. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass in wenigstens einer Betriebsgaszufuhrleitung ein Ventil angeordnet ist, dessen Durchsatz von der Steuer-

schaltung anhand des erfassten Betriebsparameters geregelt ist.

- 5 15. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der wenigstens einen Brennstoffzelle ein Reformer  
(3) als Wasserstoffquelle vorgeschaltet ist.
- 10 16. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Durchsatz des Reformers (3) von der Steuerschaltung (11) anhand des erfassten Betriebsparameters geregelt ist.

**Translation**

PATENT COOPERATION TREATY

PCT/DE2003/002844



**PCT**

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference P800763/WO/1		<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE2003/002844	International filing date (day/month/year) 26 August 2003 (26.08.2003)	Priority date (day/month/year) 31 August 2002 (31.08.2002)	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01M 8/04			
Applicant DAIMLERCHRYSLER AG			

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>15</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 23 March 2004 (23.03.2004)	Date of completion of this report 10 November 2004 (10.11.2004)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE2003/002844

## I. Basis of the report

### 1. With regard to the elements of the international application:\*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:  
 pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages 1-11, filed with the letter of 18 August 2004 (18.08.2004)
- ☒ the claims:  
 pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages 1-16, filed with the letter of 18 August 2004 (18.08.2004)
- ☒ the drawings:  
 pages 1/1, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
 pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
 pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

### 2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

### 3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

### 4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☒ the claims, Nos. 7, 8
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

### 5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO

**2. Citations and explanations**

The following international search report citations were considered relevant for the examination of the present application. The same numbering will be used throughout the procedure:

- D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol. 1998, No. 01, 30  
January 1998 (1998-01-30) & JP 09 231991 A (TOYOTA MOTOR CORP), 5 September 1997 (1997-09-05)
- D2: WO 03/054993 A (ABB RESEARCH LTD) 3 July 2003 (2003-07-03)
- D3: EP-A-0 136 187 (ENGELHARD CORP) 3 April 1985 (1985-04-03)
- D4: EP-A-1 225 082 (NISSAN MOTOR CO LTD) 24 July 2002 (2002-07-24)
- D5: WO 99/46140 A (DAIMLERCHRYSLER) 16 September 1999 (1999-09-16)
- D6: WO 02/20300 A (NISSAN MOTOR CO LTD) 14 March 2002 (2002-03-14)

**I. Novelty**

I.1. Since document D2 was published (3 July 2003) after the priority date of the present application (31 August 2002), this document is not considered prior art within the meaning of PCT Rule 64.1.



In addition, the validity of the appropriate priority right has been examined. The International Preliminary Examining Authority has concluded that said right is valid and, consequently, the content of document D2 would also not be considered prior art in a subsequent European procedure (see EPC Article 54(2)).

- I.2. Document D1 discloses a fuel cell system comprising a fuel cell with a parallel-connected secondary battery, a switch between these two components, an engine as an electrical consumer, a temperature sensor and a control circuit.

Document D3 describes a hybrid power system having a fuel cell stack as the primary energy source and one or more batteries as an energy reserve, said batteries being parallel-connected with the fuel cells by one or more switches for a common electrical consumer, under the control of a microprocessor (see page 4, lines 22-27; page 6, line 29 to page 7, line 3; figure 1). According to a preferred embodiment of the described device, this system can also include a sensor (see page 5, lines 7-10).

Document D4 discloses a control device for a vehicle powered by fuel cells, the power system comprising a fuel cell generator with a parallel-connected secondary battery, a temperature sensor and a programmable controller (see column 1, paragraph [0008]; column 3, paragraph [0028]; column 5, paragraphs [0047], [0048] and [0050]; claim 1 and figure 1). According to a preferred embodiment of the described device, this system can also have a switch between the two power sources, said switch being actuated from the controller (see column 7, paragraph [0065]; claim 9 and figure 8).

The subject matter of the present application differs from all of the above hybrid systems in that the fuel cell system according to the invention includes a pulse generator circuit for triggering a switch with pulses, the pulse duty factor of said pulse generator circuit being variable as a function of at least one operating parameter. Therefore, the subject matter of the new claims 1-16 can be acknowledged as novel with respect to documents D1, D3 and D4.

- I.3. Document D5 discloses a hybrid drive for an electric vehicle with a fuel cell, an energy reserve, an electric traction motor and auxiliary electrical consumers, all of the electrical components being connected to one another in different circuits provided with switchgear (see page 1, lines 3-5; page 3, lines 13-34; claim 1 and figure 1). The subject matter of the present application differs from this known power system in that the fuel cell system according to the invention has at least one sensor. Therefore, the subject matter of the new claims 1-16 can be considered novel with respect to the content of D5.
- I.4. Document D6 discloses a vehicle powered by fuel cells, the power system employed having a fuel cell, an electric traction motor, a storage battery, various sensors and a microprocessor for controlling fuel cell performance (see page 3, line 24 to page 4, line 9; page 5, lines 11-15; claim 1 and figures 2 and 5). The subject matter of the present application differs from this known power system in that the fuel cell system according to the invention has a switch and a control circuit

for opening and closing said switch. Therefore, the subject matter of the new claims 1-16 can be acknowledged as novel with respect to documents D1, D3 and D4.

I.5. In conclusion, it can be determined that the new claims 1-16 satisfy the requirements of PCT Article 33(2).

## II. Inventive Step

Document D3, which is considered the closest prior art, discloses a hybrid power system that has a fuel cell stack as the primary energy source and one or more batteries as energy reserves. Said batteries are parallel-connected with the fuel cells by one or more switches for a common electrical consumer, under the control of a microprocessor.

The problem to be solved by the application can be seen as that of providing a fuel cell system that permits rapid modifications to the electrical power output of the system while making effective use of the provided fuel when the provided fuel stream can only change slowly.

The solution to the aforementioned problem as proposed in the application is that of a fuel cell system comprising at least one fuel cell and an intermediate electrical storage device that is connected to it by a switch, as well as a sensor for registering an operating parameter of the at least one fuel cell and a control circuit for opening and closing said switch as a function of

the registered operating parameter. In contrast to the systems described in the prior art, the power system according to the invention additionally includes a pulse generator and pulse width-modulated actuation of the switch.

Since none of the prior art documents suggests this solution, the subject matter of the new claims 1-16 involves an inventive step, and these claims thus satisfy the requirements of PCT Article 33(3).

### III. Technical defects

III.1. The new claims 1, 9, 11 and 13-16 do not appear to be clearly or adequately supported by the description. Preferably, the description should be brought into line with the claims (PCT Article 6).